松崎長太郎君　同　鳥越金之助君　志々目戸次郎君　同　同　君
矢口彌四郎君　同　同　君　小野究君　同　同　君
今村萬吉君　同　同　君

一　正員朝比奈林之助君ノ終身正員ニ轉スルヲ承認スルヿ

一　左ノ両君ノ終身准員ニ轉スルヲ承認スルヿ

准員岸田幸吉君　准員川嶋朔造君

一　准員江口孝平君ノ退會スルヲ承認スルヿ

一　左ノ寄贈品ヲ受納スルヿ

機械學會誌　第一卷第二號　一冊　寄贈者　機械學會

一　常議員野邊地久記君死亡ニ付本月ノ通常會ニ於テ補缺撰擧ヲ施行スルヿ

○論説及報告

神戸市水道布引水源貯水池堰堤

水野廣之進

布引谷貯水池ハ神戸水道二水源ノ一ニシテ該堰堤ハ工事副長佐野技師ノ設計ニ係レリ今其草稿ヲ借リ計算ノ大要ヲ記述シ更ニ同技師ノ校閲ヲ受ケ之ヲ本誌ニ寄送ス幸ニ余白ニ掲載セラレンヿヲ希望ス

布引谷流域ハ一億一千六百万平方尺(四、二平方哩)ヲ有シ人口拾壹万四千ニ供給スル目的ニシ

テ字五本松ニ一大貯水池ヲ設ク其容積ハ四千三百四十三万立方尺即チ毎人一日三立方尺トシテ百二十七日分ノ水量ヲ有ス該貯水池堰堤ノ高ハ地面ヨリ百〇五尺ニシテ滿水面ハ全百尺ナリ全体セメントコクンリートニテ作リ其内ニ約三割容積ノ粗石ヲ塡充シ兩側及頂天外面ノミ面壹尺貳寸角控貳尺ノ間知石ヲ積疊ス頂天ノ長ハ三百五十尺ニシテ其中央水側ニ當テ内徑拾尺ノ半圓形辨塔ヲ作リ水出口操縱ノ便ニ供ス此辨塔ノ下部ハ全徑ニシテ高拾尺ノ暗溝ニ連リ水出鐵管ノ通路トナリ兼テ工事中排水ノ用ヲナサシム放水路ハ巾九拾尺ニシテ洪水流量毎秒時約二千八百立方尺ヲ流出スル時滿水面上四尺五寸高マル豫算ナルヲ以テ尚堤頂マテ五寸ノ余裕ヲ存スト雖モ風波ノ豫防ノ為メ堤頂上二尺五寸ノ小防波堤ヲ附屬ス即チ有名ナルスチーブンソン氏ノ公式ニ依リ水面最大直線距離Dヲ一哩トスルモ

$$\text{波ノ高} = 1.5\sqrt{D} + 2.5 - \sqrt[4]{D} = 3.$$

波ノ高ハ三尺トナル實際五本松貯水池ニ於テハ一哩ノ半ニモ達セサレハ之ニテ充分ナル見込ナリ

備テ百尺以上ノコンクリート堰堤ハ我國無類ノモノナレハ其寸法ノ計算法ヲ詳記スルモ無用ニアラサルベシ

今堰堤ノ形狀ヲ計算スルニ當テ假定ヲ要ス第一堰堤ハ等質（ホモジニアス）ナル硬固体（ソリッドボディー）ナルヘク第二此ノ如キ硬固体ニ於ケル應力ノ强度ハ等一ニ或ハ等一ノ變化ヲ以テ傳達スベシ

堰堤ノ强サ及ヒ安全ヲ保ツ必要ノ條件ハ左ノ如クナルベシ

第一　堰堤ノ何レノ部分ニ於テモ其最大應力ハ或ル極度ヲ超ユヘカラス

此極度ハ五本松ニ於テハ一尺平方ニ付八噸ト定ム

第二　堰堤ノ何レノ部分ニ於テモ張力ヲ生セサルベシ此レ即チ堰堤ニ受クル合成力ハ常ニ幅員ノ中央三分ノ一內ニアルヲ要スルモノナリ

第三　何レノ水平斷面ニ於テモ其耐剪力ハ水壓力ヨリ大ナルベシ是ハ第一及第二ヲ全フスレハ自然ノ結果トナルベシ

第四　堰堤体質ハ水ヲ滲透セサルベシ是ハ實際少シモ滲透セサルヿハ出來難ケレ𪜈材料及工法ニ注意スレハ甚シキ滲透ヲ防キ浮游力ヲ生セサラシムルヿヲ得ベシ

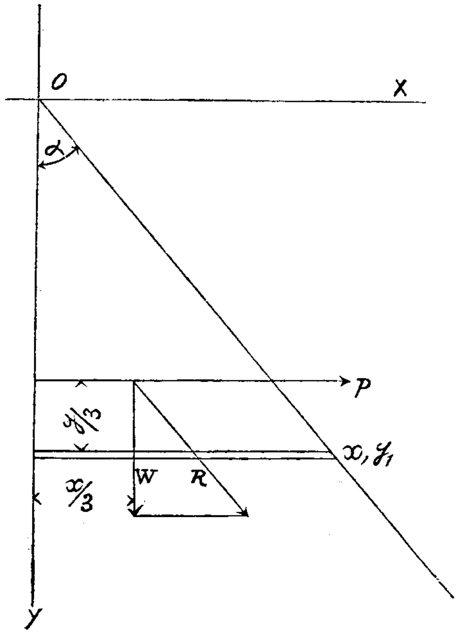
今堰堤ノ頂點マデ靜水ヲ貯フルモノトシ最モ經濟的ノ堰堤形狀ヲ求ム

ρヲ以テ堰堤ノ比重ヲ示シ堰堤ノ頂點ニ基點ヲ取リ水平及垂直ノ二軸ヲ使用シ堰堤ハ單位ノ厚ヲ有スルモノト考フル𪜊ハ貯水池空虛ノ塲合ニ於テ築造物ノ重量ヨリ生スル垂直力ノ合成力ハ堰堤ノ或ル水平斷面$x_1\ y_1$ニ於テ

$$\rho\int_0^{y_1} x\,dy = W(\text{頂點以下 } x_1, y_1 \text{ マデノ堰堤ノ重量})$$

此合成力ノ上記斷面ヲ切ル所ノ點ハ堰堤ノ內面ヨリ其斷面ノ中ノ三分ノ一ナル距離$(x_1/3)$ヨリ近カラサルヲ要ス

貯水池ノ滿水シタル時堰堤ノ重量及水ノ壓力トノ合成力ノ上記斷面ヲ切ル所ノ點ハ內面ヨリ斷面ノ巾ノ三分ノ二ナル距離ヲ超過セサルヲ要ス



上記断面以上ニ於ケル水ノ壓力 $P=\int_0^{y_1} ydy=\frac{y_1^2}{2}$

然シテPハ上記断面以上 $y_1/3$ ナル位置ニ於テ水平ニ働クヲ以テ力ノ三角形ニ於テ左ノ比例ヲナス

$$\frac{W}{P}=\frac{\rho\int_0^{y_1} xdy}{\frac{y_1^2}{2}}=\frac{\frac{y_1}{3}}{x_1/3}$$

$$\therefore\ x_1\int_0^{y_1} x\,dy = \frac{y_1^3}{2\rho} \quad \cdots\cdots(1)$$

OYノ軸ニ關シテ$x_1\ y_1$以上面積ノ力率ヲ求ムル片ハ

$$\frac{x_1}{3}\int_0^{y_1} x\,dy = \int_0^{y_1}\frac{x^2dy}{2}$$

(1)式ニ代入スル片ハ

$$\frac{y_1^3}{2\rho} = 3\int_0^{y_1}\frac{x^2dy}{2}$$

左項ノ微分ヲ求メ相消去スル片ハ

$$\frac{3y_1^2}{2\rho} = \frac{3x^2}{2} \qquad \therefore\ x = y\sqrt{\frac{1}{\rho}} \quad \cdots\cdots(2)$$

故ニ要スル所ノ斷面ハ內面垂直ナル三角形ナリ然シテ或ル深ニ於ケル堰堤ノ巾ハ(2)式ニ依リ計算スルヲ得ヘク堰堤ノ外方ニ於テ生スル所ノ應力ノ强度カ其界限ニ達スル迄ハ之ヲ應用スルヿヲ得ヘシ

水ノ一立方尺ノ重量ヲwトスレハ實際水ノ壓力ハ$P=\frac{y_1^2}{2}w$ニシテ堰堤ノ全重量ハ$W=\frac{y_1^2}{2}w\sqrt{\rho}$トナル故ニ$\frac{P}{W}=\sqrt{\frac{1}{\rho}}$即チ$x_1\ y_1$ナル斷面ハ單ニ置キ重子タルモノトスレ圧$\sqrt{\frac{1}{\rho}}$ナル係數アレハ水壓ニ充分抵抗シ得ベシ

今求メタル三角形ノ堰堤ハ如何ナル高サマテ適用シ得ベキヤ即チyノ最大極限ハ如何

αヲ以テ斷面ノ頂點ニ於ケル角度ヲ表ハストキハ(2)式ヨリ次ノ式ヲ得

$$\alpha = \tan^{-1}\sqrt{\frac{1}{\rho}}$$

Wヲ以テhナル高ニ於ケル堰堤ノ全重量ヲ表ハストキハ貯水池空虚ナレハ

$$W = \frac{h^2}{2}\sqrt{\frac{1}{\rho}}\,\rho w$$

Sヲ以テ應壓力ノ最大强度ヲ表ハストキハ最大應力ハ平均應力ノ二倍ナルカ故ニyノ最大極限ハ

$$\frac{W}{x} = \frac{\frac{h^2}{2}\cdot\frac{\rho w}{\sqrt{\rho}}}{\frac{h}{\sqrt{\rho}}} = \frac{S}{2}$$ ナル時ニ達スベシ即

$$h = \frac{S}{\rho w} \quad \cdots\cdots(3)$$ ナル時ナリ

貯水池ノ滿水シタル時yノ最大極限ヲh_1トスレハ$h_1 = h\,\mathrm{Cos}^2\alpha$ナリ如何トナレハ次ノ圖ノ如ク堰堤重量W及水壓Pノ合成力Rヲソレニ直角ナル斷面BDニテ抵抗スルモノト假定スレハ

$$BD = h_1 \sin\alpha = h_1\sqrt{\frac{1}{1+\rho}}$$

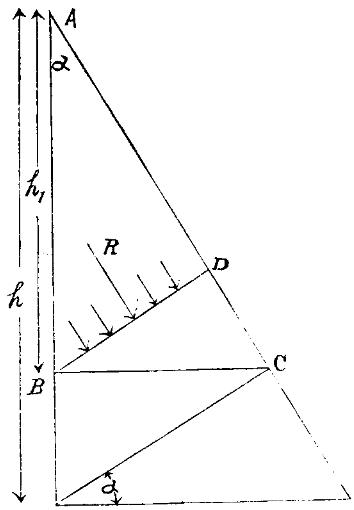
$$\therefore\ \frac{R}{BD}=\frac{R\sqrt{1+\rho}}{h_1}=\frac{S}{2}$$

$$R=\sqrt{W^2+P^2}=\sqrt{\left(\frac{h_1^2}{2}w\sqrt{\rho}\right)^2+\left(\frac{h_1^2}{2}w\right)^2}$$

$$=\frac{h_1^2}{2}w\sqrt{1+\rho}$$

$$\therefore\ \frac{S}{2}=\frac{h_1 w(1+\rho)}{2}$$

$$h_1=\frac{s}{w(1+\rho)}\cdots\cdots\cdots\cdots(4)$$

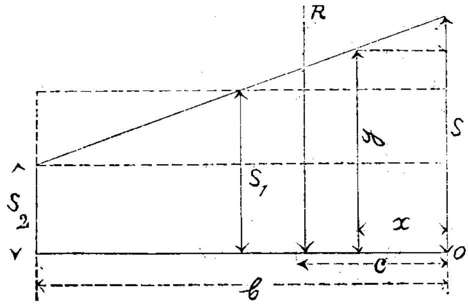


前述h_1ナル高以内ノ堰堤ヲ假ニ低堤ト稱シ其以上ヲ高堤ト稱ス然シテ堰堤ノ高h_1以上ニ至レハ最大應力ノ烈度ヲシテSナル量ヲ超ヘサラシメンカ爲メ堰堤ノ巾ヲ已定形ヨリ增サヽルヘカラス即チ之ヨリハ合成力ノ位置ノミナラス其値ニ關係スルヲ以テ一ノ不定數量ノ計算トナルヘキニ付キ初メノ條件ニ尚次ノ條件ヲ假定シテ算出シ得ヘシ即

第五堰堤ノ或ル水平斷面ニ於テ堰堤ノ重量及ヒ内側ニ受クル水ノ重量ノ合成力ハ該斷面内側ヨリ三分ノ一以内ニ落チサルヘシ

一ノ固形体カ水平面ニ静止スルトキハ最大應力ノ起ルヘキ底ノ外端Oヨリ壓力中心マテノ距離Cハ次ノ如シ

bヲ以テ物体カ静止スル所ノ底ノ長サヲ示シSヲ以ヲ底ニ於ケル最大應力ノ強度ヲ示シS_1



ヲ以テ其平均應力ノ強度ヲ表ハシyヲ以テ底ノ外端ヨリxナル距離ニ於ケル強度ヲ示スヰハ內端ニ於ケル應力ハ$S_2 = 2S_1 - S$ナリ然シテ

$$y = S - \frac{x}{b}\left[S-(2S_1-S)\right] = S - x\frac{2(S-S_1)}{b}$$

又總應力ハ$R = S_1 b$ナルカ故ニCヲ以テ底ノ外端Oヨリ壓力中心マテノ距離即所要ノ長ヲ示シOニ於ケル力率ヲ求ムレハ下ノ如シ

$$CbS_1 = \int_0^b xy\,dx = \int_0^b Sx\,dx - \int_0^b \frac{2(S-S_1)}{b}x^2\,dx$$

$$= \frac{1}{2}Sb^2 - \frac{2(S-S_1)}{b}\,\frac{b^3}{3}$$

$$\therefore C = b\left(\frac{4S_1-S}{6S_1}\right) = \frac{b}{3}\left(2-\frac{S}{2S_1}\right) \quad \cdots\cdots\cdots (5)$$

Wヲシテ堰堤ノ重量及內方傾斜面ニ於ケル水ノ重量ノ和ヲ表ハシPヲシテ水ノ水平壓力ヲ示シRヲ以テ前二力ノ合成力ヲ示スヰハ

$$P = \frac{w}{2}h^2 \qquad R = \sqrt{W^2+P^2}$$

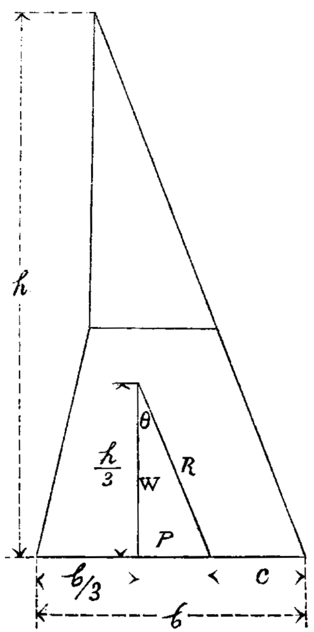
Sヲ以テ堰堤ニ於ケル最大應力ヲ示ストキハ水平面ニ於ケル最大應力即前式ニ於ケルSノ値ハ

$$S\cos\theta = S\frac{W}{\sqrt{W^2+P^2}}$$ ニシテ底即bニ於テ平均應力S_1ハ

$$S_1 = \frac{\sqrt{W^2+P^2}}{b}$$ ナルカ故ニ(5)ヨリ

$$C = \frac{b}{3}\left[2 - \frac{SbW}{2(W^2+P^2)}\right]$$

Wハ内側ヨリ$b/3$ノ距離ニ働クモノト假定ス（Wハ堰堤ノ重量ニ水壓ノ垂直分子ヲ加ヘタルモノナレハ理論上堰堤ノ重量ノミニテ$b/3$ナレハ宜敷ケレトモ計算便利ノ爲メ内側斜面上ノ水ハ僅カニ因形体トナリシト假定スレハ上記ノ如シ而メ實際ハ少シ安全ノ方ナルベシ）



故ニ $b = \frac{b}{3} + \frac{P}{W} + \frac{h}{3} \cdot \frac{b}{3}\left[2 - \frac{SbW}{2(W^2+P^2)}\right]$

$\therefore \frac{Ph}{Wb} = \frac{SbW}{2(W^2+P^2)}$

$\therefore b^2 = \frac{2Ph(W^2+P^2)}{SW^2}$

前ニ示ス $P = \frac{w}{2}h^2$ ヲ代入スルトキハ

$$b = \sqrt{\frac{wh^3}{S}\left(1 + \frac{w^2h^4}{4W^2}\right)} \quad \text{......(6)}$$

前式ニ於テb即底ノ巾ヲ計算スルニハWナル全重量ヲ知ラサルベカラス然ルニWハ底ノ巾即bニ關係スルヲ以テ之ヲ假定シWノ近似數ヲ求メ再三計算スルトキハ其適合シタル値ヲ得ベシ

次ニ堰堤及斜面ニ於ケル水ノ重量ノ合力ヲシテ堰堤ノ内面ヨリbノ三分ノ一ナル距離ニ於テ通過セシメンカ爲メbナル巾ヲ置クベキ位置即x_1ナル値ヲ發見スルヲ要ス

今其合力ノ通過スル點ヲO_1トシ之ヲ中心トシテ力率ヲ求ムルトキハ其力率ノ和ハ零ナラサルヘカラス

b_0ヲ以テ低堤ノ底ノ巾即堰堤ノ頂點ヨリh_0ナル深サニ於ケル高堤上端ノ巾トシb_1ヲ以テ高堤第一層ノ底即頂點ヨリh_1ナル深サニ於ケル巾トシ層ノ厚サヲdトスW_0ヲ以テ低堤ノ重量

即高堤ノ上端ニ於テ堰堤ノ内面ヨリ $b_0/3$ ナル點 O_0 ニ働ク重量ヲ示スキハ第一層ニ於ケル重量ハ

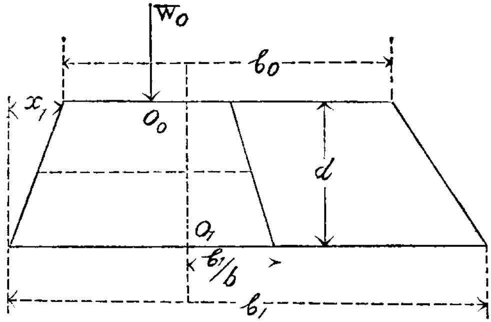
$$\frac{b_0+b_1}{2}\times pwd \text{ ナリ}$$

而シテ O' ナル點ヲ通過スル垂直軸ヨリ第一層ノ重力中心マテノ巨離ハ d ナル厚小ナルヲ以テ近似數次ノ如シ(其中心ハ $d/2$ ノ中ニアリト仮定シ)

$$\frac{b_1}{6}-\frac{1}{2}\left(\frac{b_1}{2}-\frac{b_0}{2}-x_1\right)=\frac{3b_0+6x_1-b_1}{12}$$

次ニ x' ナル面ニ於ケル水ノ重量ハ

$$\frac{h_0+h_1}{2}\times wx_1$$



O_1 ヨリ其重力中心マテノ距離ハ

$$\frac{b_1}{3}-\frac{x_1}{2}$$ (亦 d 小ナルヲ以テ $\frac{x'}{2}$ ニアリト仮定ス)

然シテ O_1 ナル中心ニ關シ W_0 ノ力率ハ

$$W_0\left(\frac{b_1-b_0}{3}-x_1\right)$$

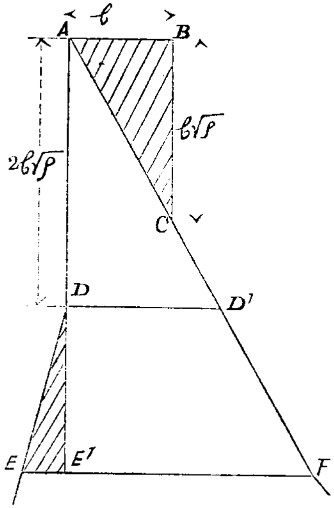
故ニO_1ナル中心ニ關シ堰堤ノ全力率ノ和ハ

$$\frac{\rho w d}{24}\left[3b_0^2 - b_1^2 + bx_1(b_0+b_1) + 2b_0b_1\right]$$

$$-\frac{wx_1}{12}(h_0+h_1)(2b_1-3x_1) - W_0\left(\frac{b_1-b_0}{3}-x_1\right) = 0 \quad \cdots\cdots(7)$$

之ヨリx_1ノ値ヲ算出シ得ベシ

以上ノ計算ニ於テハ堰堤ノ頂點ハ尖端ヲ有スルモノナリ然レモ實際ニ於テハ或ル巾ヲ必要トス故ニ次圖ノ如クABCナル三角形材料ヲ添加スルヲ必要トス

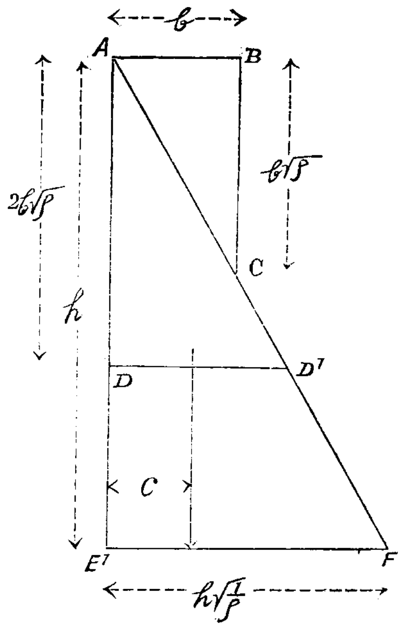


今頂點ノ巾ヲbトシBC邊ヲ垂直トスレハ其長サハ

$b\sqrt{\rho}$ ナリ

然シテABCハ垂直壓力ヲ生ス其合成力即三角形ノ重力中心ヲ通過スル垂直線ハ堰堤ノ中央三分ノ一ヲ通過セサルベカラス故ニ其極限ハ内面ヨリ巾ノ三分ノ一ナル距離ニシテ深即AD＝$2b\sqrt{\rho}$ナリ若其以上ニ至ルトキハ三角形ノ重力中心貯水池空虚ノトキハ中央三分ノ一以外ニ來リ堰堤ノ内面ニ近接スベシ故ニ頂上ヨリ$3.1b\sqrt{\rho}$ナル深サニ於テ内面ニ殆ント$b/16$ナル厚サヲ増加スルヲ必要トス其理由下ノ如シ

圖ノ如ク堰堤高ヲhトシ其重力中心ヲ內側ヨリCナル距離ニアリトスレハE′點ニ於ケル力率式ハ下ノ如シ



	積	距離
$ABC =$	$\frac{b^2}{2}\sqrt{\rho}$	$\frac{2}{3}b$
$AE'F' =$	$\frac{h^2}{2}\sqrt{\frac{1}{\rho}}$	$\frac{1}{3}h\sqrt{\frac{1}{\rho}}$

$$ABC + AE'F' = \frac{1}{2}\left(b^2\sqrt{\rho} + h^2\sqrt{\frac{1}{\rho}}\right)C$$

$$\frac{b^2}{2}\sqrt{\rho}\cdot\frac{2}{3}b + \frac{h^2}{2}\sqrt{\frac{1}{\rho}}\cdot\frac{h}{3}\sqrt{\frac{1}{\rho}} = \frac{1}{2}\left(b^2\sqrt{\rho} + h^2\sqrt{\frac{1}{\rho}}\right)C$$

$$\frac{b^3}{3}\sqrt{\rho} + \frac{h^3}{6}\cdot\frac{1}{\rho} = \frac{1}{2}\left(b^2\sqrt{\rho} + h^2\sqrt{\frac{1}{\rho}}\right)C$$

$$\frac{2}{3}b^3\rho^{\frac{3}{2}} + \frac{h^3}{3} = \left(b^2\rho^{\frac{3}{2}} + h^2\rho^{\frac{1}{2}}\right)C$$

$$C = \frac{2b^3\rho^{\frac{3}{2}} + h^3}{3\left(b^2\rho^{\frac{3}{2}} + h^2\rho^{\frac{1}{2}}\right)} \cdots\cdots\cdots\cdots (8)$$

今hノ如何ナルトキニCカ堤底三分ノ一ヨリ最モ多クE′ノ方ニ近クカヲ知ラントスルニハ

$\dfrac{C}{h\sqrt{\dfrac{1}{\rho}}}$ ノ最小ヲ求ムルニアリ之ヲμト名ケバ

$$\mu = \frac{C}{h\sqrt{\frac{1}{\rho}}} = \frac{C\sqrt{\rho}}{h} = \frac{2b^3\rho^2+\rho^{\frac{1}{2}}h^3}{3b^2\rho^{\frac{3}{2}}h+3\rho^{\frac{1}{2}}h^3}$$

$$\frac{d\mu}{dh} = \frac{(3b^2\rho^{\frac{3}{2}}h+3\rho^{\frac{1}{2}}h^3)\times 3\rho^{\frac{1}{2}}h^2-(2b^3\rho^2+\rho^{\frac{1}{2}}h^3)(3b^2\rho^{\frac{3}{2}}+9\rho^{\frac{1}{2}}h^2)}{(3b^2\rho^{\frac{3}{2}}h+3\rho^{\frac{1}{2}}h^3)^2} = 0$$

$$\therefore\quad 3b^2\rho^{\frac{3}{2}}h^3 + 3\rho^{\frac{1}{2}}h^5 = (2b^3\rho^2 + \rho^{\frac{1}{2}}h^3)(b^2\rho + 3h^2)$$

$$= 2b^5\rho^3 + b^2\rho^{\frac{3}{2}}h^3 + 6b^3\rho^2h^2 + 3\rho^{\frac{1}{2}}h^5$$

$$2b^2\rho^{\frac{3}{2}}h^3 - 6b^3\rho^2h^2 - 2b^5\rho^3 = 0$$

$$h^3 - 3b\rho^{\frac{1}{2}}h^2 - b^3\rho^{\frac{3}{2}} = 0 \quad\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(9)$$

此三次方程式ヨリhヲ見出スニハ　$h = x + k$　ト假定ス

$$x^3 + 3x^2k + 3xk^2 + k^3 - 3b\rho^{\frac{1}{2}}(x^2 + 2xk + k^2) - b^3\rho^{\frac{3}{2}} = 0$$

$$x^3 + (3k - 2b\rho^{\frac{1}{2}})x^2 + (3k^2 - 6b\rho^{\frac{1}{2}}k)x + (k^3 - 3b\rho^{\frac{1}{2}}k^2 - b^3\rho^{\frac{3}{2}}) = 0$$

Kハ全ク隨意ノ數ナルヲ以テ　$3k - 3b\rho^{\frac{1}{2}} = 0$　トスレハ　$k = b\rho^{\frac{1}{2}}$　$k^2 = b^2\rho$　$k^3 = b^3\rho^{\frac{3}{2}}$

$$\therefore\quad x^3 - 3b^2\rho x - 3b^3\rho^{\frac{3}{2}} = 0$$

故ニ三次方程式ノ公則ニ依リ

$$x = \left\{\frac{3}{2}b^3\rho^{\frac{3}{2}} + \sqrt{\frac{9}{4}b^6\rho^3 - b^6\rho^3}\right\}^{\frac{1}{3}} + \left\{\frac{3}{2}b^3\rho^{\frac{3}{2}} - \sqrt{\frac{9}{4}b^6\rho^3 - b^6\rho^3}\right\}^{\frac{1}{3}}$$

$$= b\rho^{\frac{1}{2}}\left\{\left(\frac{3}{2} + \sqrt{\frac{5}{4}}\right)^{\frac{1}{3}} + \left(\frac{3}{2} - \sqrt{\frac{5}{4}}\right)^{\frac{1}{3}}\right\} \qquad \sqrt{\frac{5}{4}} = 1.118$$

$$= b\rho^{\frac{1}{2}}(\sqrt[3]{2.618} + \sqrt[3]{.382}) = b\rho^{\frac{1}{2}}(1.378 + .725)$$

$$= 2.103b\rho^{\frac{1}{2}}$$

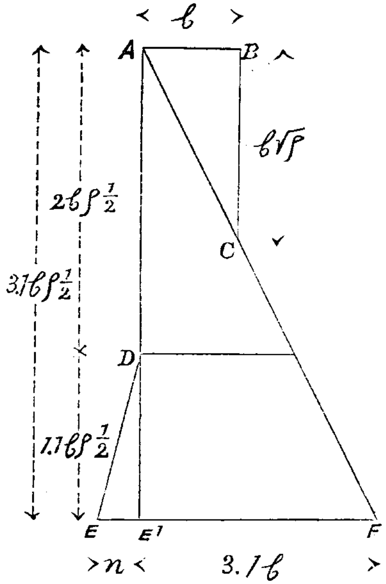
$$\therefore\ h = x + k = 2.103b\rho^{\frac{1}{2}} + b\rho^{\frac{1}{2}} = 3.1b\rho^{\frac{1}{2}} \ldots\ldots\ldots\ldots(10)$$

Q. E. D.

前式ニ依リ $h = 3.1b\rho^{\frac{1}{2}}$ ニ於テ最モ多ク垂直前面以外ニ底巾ヲ加ヘサルヘカラス此加フル巾EE′ヲnトナシ之ヲ求ムルニハF點ニ於テ力率ノ式ヲ作レハ

$$\overline{ABC} \times (2.1b + \frac{1}{3}b) + \overline{AE'F} \times (\frac{2}{3} \times 3.1b) + DEE' \times (3.1b + \frac{1}{3}n)$$

$$= (ABC + AE'F + DEE') \times \frac{2}{3}(3.1b + n)$$



$$\overline{\frac{1}{2}b^2\rho^{\frac{1}{2}}} \times 2.433b + \overline{\frac{9.61}{2}b^2\rho^{\frac{1}{2}}} \times \frac{2}{3}3.1b$$

$$+ \overline{\frac{1.1}{2}b\rho^{\frac{1}{2}}n} \times (3.1b + \frac{1}{3}n)$$

$$= \left(\frac{b^2\rho^{\frac{1}{2}}}{2} + 4.805b^2\rho^{\frac{1}{2}} + .55b\rho^{\frac{1}{2}}n\right) \times \frac{2}{3}(3.1b + n)$$

$$\frac{1}{2}b^2\rho^{\frac{1}{2}} \times 2.433b + \frac{9.61}{2}b^2\rho^{\frac{1}{2}} \times \frac{2}{3} \times 3.1b$$

$$+ \frac{1.1}{2}b\rho^{\frac{1}{2}}n \times (3.1b + \frac{n}{3}) = \left(\frac{1}{2}b^2\rho^{\frac{1}{2}} + 4.805b^2\rho^{\frac{1}{2}}\right.$$

$$\left. + .55b\rho^{\frac{1}{2}}n\right) \times \frac{2}{3}(3.1b + n)1.216b^2 + 9.9303b^2$$

$$+.55\times 3.1bn+\frac{.55}{3}n^2=(5.305b+.55n)\times\frac{2}{3}(3.1b+n)$$

$$= 10.96366b^2 + 1.13666bn + 3.53666bn + .3666n^2$$

$$= 10.9636b^2 + 4.673bn + .36n^2$$

$$.183n^2 + 2.9683bn - .183b^2 = 0$$

$$n^2 + \frac{1781}{110}bn - b^2 = 0 \text{ ……………… (11)}$$

$$n = -\frac{1781}{220}b \pm\sqrt{\left(\frac{1781}{220}\right)^2 b^2 + b^2}$$

$$= -8.0954b \pm 8.15698b$$

$$= .06153b \fallingdotseq \frac{1}{16}b \text{ ……………… (12)} \quad \text{Q.E.D.}$$

$h = 3.1b\rho^{\frac{1}{2}}$ ヨリ高クナルキハ又前面ハ垂直トナリ低堤ノ極限即チ $h = \dfrac{S}{w(\rho+1)}$ ニ至ルベシ

布引各堰堤ニ於テハ b 即AB ノ長サヲ拾貳尺トス

$$\therefore\ AD = 2b\sqrt{\rho} = 2\times 12\times {}^3/_2 = 36^{尺}$$

$\rho = 2.25 = {}^9/_4$ 即コンクリート一立方尺ノ重量 $= 140^{封度} = \frac{1}{6}{}^{噸}$

$w =$ 水一立方尺ノ重量 $= \frac{1}{36}{}^{噸}$

$$\tan\alpha = \sqrt{\frac{1}{\rho}} = \tfrac{2}{3} \qquad \alpha = 33^{\circ} - 41'$$

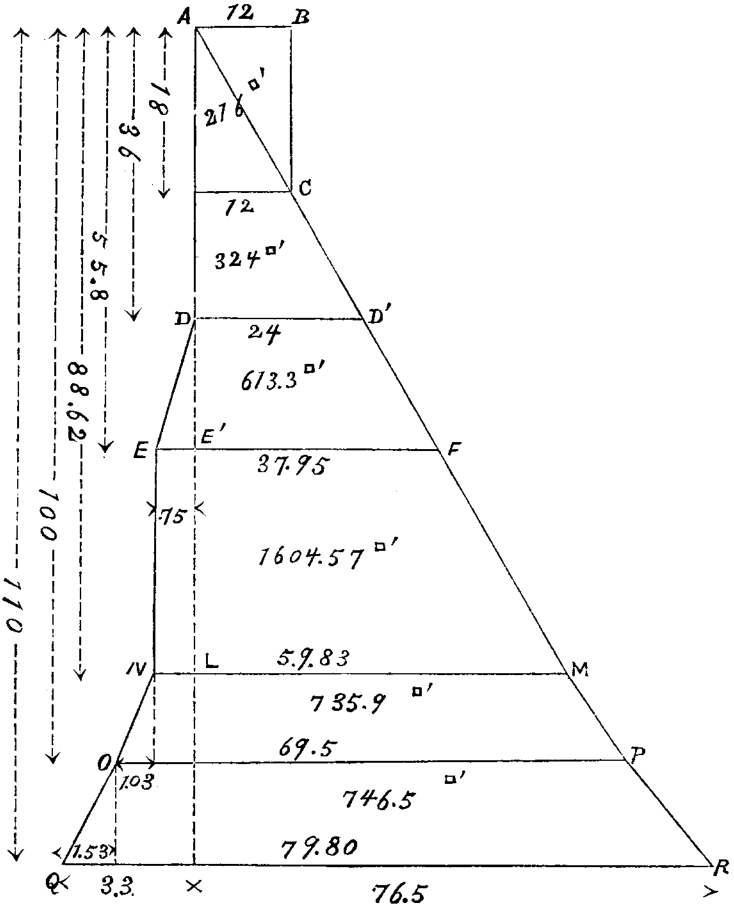
$$\text{Cot}\,\alpha = \sqrt{\rho} = \tfrac{3}{2}$$

$$DD' = AD\tan\alpha = 36\times\tfrac{2}{3} = 24^{尺}$$

$$AE' = 3.1b\sqrt{\rho} = 3.1\times 12\times\tfrac{3}{2} = 55.8^{尺}$$

$EE' = {}^{b}/_{16} = {}^{12}/_{16} = .75^{ft}$

$E'F = AE' \tan \alpha = 55.8 \times {}^{2}/_{3} = 37.2^{ft}$



(4)式ニ依テ

$$AL = \frac{S}{w(1+\rho)} = \frac{8}{\frac{1}{36}(3.22)} = 88.62^{尺}$$

$$LM = AL \times \tan\alpha = 88.62 \times {}^{2}/_{3} = 59.08^{尺}$$

低堤ANMBノ面積 $2,757,87^{\square'}$

然シテコンクリートノ重量ハ

$$\frac{2757.87}{16} = 172.367^{噸}$$

DE面ニ於ケル水ノ重量ハ

$$\frac{36+55.8}{2} \times .75 \times \frac{1}{36} = .956^{噸}$$

次ニ高堤ノ形ヲ求ムルニハ

低堤ノ底ニ於ケル全重量 $W_0 = 172,367 + .956 = 173.323^{噸}$

$b_0 = 59.83'$　$h_0 = 88.62'$　$x_0 = 0$

今第一層NOPMニ於テFMノ勾配ヲ延長シNOニ一尺ノ勾配アリト仮定スレハ

$b_1 = 68.42$　$x_1 = 1$ ナリ

層ノ重量 $= \frac{59.83+68.42}{2} \times 11.38 \times \frac{1}{16} = 45.342^{噸}$

NO面ニ於ケル水ノ重量 $= \frac{88.62 \times 100}{2} \times 1 \times \frac{1}{36} = 2.619''$

$\therefore W_1 = 173.323 + 45.342 + 2.619 = 221.284^{噸}$

故ニ(6)式ニ依リ

$$b_1 = \sqrt{\frac{100^3}{36\times 8}\left(1+\frac{100^4}{5184(221.284)^2}\right)} = 69.58$$

(7)式ニ依リx_1ノ値ヲ計算スルトキハ

$$\frac{1\times 11.38}{16\times 24}\left\{(3\times 59.83^2 - 69.58^2) + 6x_1(59.83+69.58)\right.$$

$$\left.+ 2\times 59.83\times 69.58\right\} - \frac{x_1}{36\times 12}(100+88.62)(2\times 65.58 + 3x_1)$$

$$-173.32\left(\frac{69.58-59.83}{3} - x_1\right) = 0.$$

$$1.31x_1^2 + 135.57x_1 - 141.81 = 0.$$

$$x_1 = \frac{-135.57+\sqrt{135.57^2+4\times 1.31\times 141.81}}{2\times 1.31} = 1.03$$

以上ノ結果ニ依リ再ヒ計算スルトキハ

層ノ重量 $= \frac{59.83+69.58}{2}\times 11.38\times\frac{1}{16} = 46.021$

水ノ重量 $= \frac{88.62+100}{2}\times 1.03\times\frac{1}{36} = 2.7$

$$\therefore\ W = 173.323 + 46.021 + 2.7 = 222.044$$

$$b_1 = \sqrt{\frac{100^3}{36\times 2}\left(1+\frac{100^4}{5184(222.044)^2}\right)} = 69.5$$

故ニ第一層ニ於テハ

$h = 100 \quad W_1 = 222.044^{噸} \quad b_1 = 69.5 \quad x_1 = 1.03$ トス

第二層OQRPニ於テ

$b_2 = 80^{尺} \quad x_2 = 1.'0$ ト假定ス然ルキ

層ノ重量 $= \frac{69.5+80}{2} \times 10 \times \frac{1}{16} = 46.719^{噸}$

x_2面ニ於ケル水ノ重量 $= \frac{100+110}{2} \times 1 \times \frac{1}{36} = 2.917''$

$$\therefore \quad W_2 = 222.044 + 46.719 + 2.917 = 271.68''$$

$$b_2 = \sqrt{\frac{110^3}{36\times 8}\left(1 + \frac{110^4}{5184(271.68)^2}\right)} = 79.94^{尺}$$

$$\frac{10}{16\times 24}\left[3 \times 69.5^2 - 79.94^2 + 6x_2(69.5 + 79.94) + 2 \times 69.5 \times 79.94\right]$$

$$-\frac{x_2}{36\times 12}(100 + 110)(2 \times 79.94 - 3x_2) - 220.044\left(\frac{79.94-69.5}{3} - x_2\right) = 0$$

$$500.31 + 23.35x_2 - 77.72x_2 + \frac{210}{144}x_2^2 + 220.044x_2 - 765.753 = 0.$$

$$\frac{210}{144}x_2^2 + 165.674 - 265.443 = 0.$$

$$x_2 = \frac{-165.674 + \sqrt{165.674^2 + 4 \times \frac{210}{144} \times 265.443}}{2 \times \frac{210}{144}}$$

$$= 1.58$$

此結果ニ依リ再ヒ計算スルトキハ

$$層ノ重量 = \frac{69.5+79.94}{2} \times 10 \times \frac{1}{16} = 46.70^{噸}$$

$$水ノ重量 = \frac{110+100}{2} \times 1.58 \times \frac{1}{36} = 4.6.08''$$

$$\therefore \quad W_2 = 222.044 + 46.70 + 4.608 = 273.352^{噸}$$

$$b_2 = \sqrt{\frac{110^3}{36 \times 8}\left(1+\frac{110^4}{5184(273.352)^2}\right)} = 79.8^{尺}$$

$$\frac{10}{16 \times 24}\left[3 \times 69.5^2 - 79.8^2 + 6x_2(69.5 + 79.8) + 2 \times 79.8 \times 69.5\right]$$

$$-\frac{x_2}{36 \times 12}(100 + 110)(2 \times 79.8 - 3x_2) - 222\left(\frac{79.8-69.5}{3} - x_2\right) = 0$$

$$\frac{10}{16 \times 24}(19,214.91 + 6 \times 149.3x_2) - \frac{210}{36 \times 12} \times 159.6x_2$$

$$+ \frac{210}{144}x_2^2 - 836.2 + 222x_2 = 0.$$

$$500.39 + 23.33x_2 - 77.58x_2 + \frac{210}{144}x_2^2 - 762.2 + 222.x_2 = 0.$$

$$\frac{35}{24}x_2^2 + 167.75 - 261.81 = 0.$$

$$x_2 = \frac{-167.75^2 + \sqrt{167.75^2 + 4 \times \frac{35}{24} \times 261.8}}{\frac{35}{12}} = 1.525'$$

故ニ第二層ニ於テハ

$h_2 = 110$ $W_2 = 273.352$噸 $b_2 = 79.8'$

$x_2 = 1.53$尺

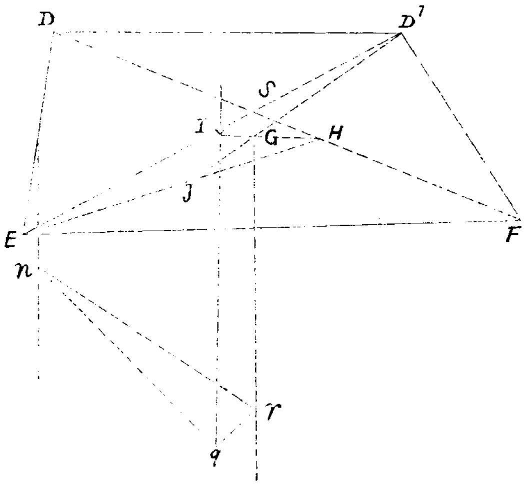
以上ノ結果ヲ總括スレハ下ノ如シ

頂點ヨリ深 (h)尺	敷巾 (b)尺	頂點ヨリ內側ノ出 (x)尺	長一尺ニ對シ堰堤ノ重量 (P')噸	長一尺ニ對シxノ上ニ掛ル水ノ重量 (πv')噸
0	12	0	0	0
18	12	0	13.5	0
36	24	0	33.75	0
55.8	37.95	75	72.081	956
88.62	59.83	75	172.367	.956
100.	69.50	1.78	218.3	3.656
110.	79.80	3.31	265.233	8.119

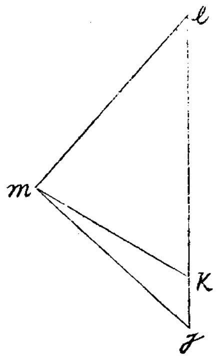
以上計算ヨリ得タルモノヽ整正ナルヤ否ヤヲ撿センカ為メ圖算法ニヨリ之ヲ求ムルヿ次ノ如シ

今重力及壓力中心ヲ發見センカ為メモールスヲース氏ノ採用シタル方法ヲ用フ即下ノ如シ

第二圖



第三圖



堰堤ノ或ル層即DED′F(第二圖)ニ於テ對角線DF及D′Eヲ引キ其交點ヲSトス次ニDSニ等シクFHヲ置キHEヲ連結シD′E及HEヲシテI及ヒJ點ニ於テ平分シHI及D′Jヲ連結スベシ然ルトキ其交點Gハ(DED′F)ノ重力中心ナリ此點ハ第一圖ニ於テ一層毎ニ小圓形ヲ以テ之ヲ示セリ

次ニDE面ノ水ノ垂直力及堰堤ノ重力ノ合成中心ヲ發見スルヲ要ス

任意ノ場所ニ於テ一ノ垂直線l j(第三圖)ヲ作リ適宜ノ縮尺ヲ以テDE面ノ水ノ垂直力ヲ示

シ之ヲ jk トス而シテ全シ縮尺ヲ以テ堰堤ノ重量ヲ表ハス之ヲ kl トス然シテ任意ノ點 m ヲ求メ lm、km、jm ヲ結合スベシ然ルトキハ各線ハ力ノ多邊形ノ方向ヲ示スベシ

今 DE ヲ t ニ於テ等分シ t 及ヒ G 點ヲ通過シテ垂直線ヲ作リ t ヲ通過スル垂直線中ノ任意ノ點 n ヨリ mk ニ平行シテ nr ヲ作リ又 n 及ヒ r ヨリ mj 及ヒ ml ニ平行シテ nq 及ヒ rq ヲ作ルヘシ然ルトキハ其交點 q ハ水ノ垂直力及ヒ堰堤ノ重力ノ合成中心ヲ通過スル垂直線中ニアルベシ

次ニ C′C(第一圖)DD′EF 等ノ各斷面ノ上部ニ於ケル全重力及水ノ垂直力ノ合成中心ヲ發見スルヲ必要トス

(a)貯水池ノ滿水シタルトキ前ニ記スル如ク各層ノ合成壓力中心ヲ發見シ且前ノ如ク力ノ多邊形ヲ作ルベシ(第五圖)

即一垂直線ヲ作リ $ef=P_{C'C}$, $eg=P_{DD'}$, $eh=(P+\pi_v)EF$, $ei=(P+\pi_v)NM$, $ej=(P+\pi_v)OP$, $el=(P+\pi_v)QR$ ヲ置キ任意ノ點 k ヲ求メ ek、fk、gk 等ヲ結合スベシ然シテ第六圖ノ如ク力ノ多邊形ヲ作ルベシ即次ノ如シ

先ツ第一層(ABC′C)ノ重力中心ヲ通過スル垂直線中ニ於テ任意ノ點 l ヲ求メ ek ニ平行シテ lr ヲ作リ又 kf ニ平行シテ lm ヲ作ルベシ lm 線ハ第二層(C′CDD′)ノ重力中心ヲ通過スル垂直線ト m ニ於テ會スベシ然シテ m ヲ通過シテ kg ニ平行シテ mn 線ヲ引クベシ然ルトキハ第三層(DD′EF)ノ重力及水ノ垂直力ノ合成中心ヲ通過スル垂直線ト n 點ニ於テ會合スベシ順次ニ斯ノ如シクテ多邊形 $lmnopqr$ ヲ作ルヿヲ得ベシ然シテ omn、no、op

p q 等ノ線ヲ延長スルトキハ l r ト s、t、w、y、r ニ於テ會スベシ此各點ハ断面 C′ C D D′ E F、等ノ上部ニ於ケル堰堤ノ全重力及水ノ垂直力ノ合成中心ヲ通過スベシ

(b) 貯水池ノ空ナルトキ重力中心ノ位置ハ前ト全シ方法ヲ以デ求ムルヿヲ得ベシ但シ前ニ用フル所ノ堰堤ノ重力及ヒ水ノ壓力ノ合力 (P+Q) ノ代リニ堰堤ノ重力 P ヲ用ヒ尚各層重力及ヒ水ノ垂直力ノ合成中心ヲ通過スル垂直線ノ代リニ只堰堤各層ノ重力中心ヲ通過スル垂直線ヲ用フレハ可ナリ其力ノ多邊形ハ第六圖ニ於テ點線ヲ以テ之ヲ示セリ次ニ貯水池滿水シタルトキ各断面ニ於ケル合成壓力ノ中心ヲ發見スルヲ要ス即下ノ如シ水ノ水平壓力ノ中心ハ水面ヨリ断面ノ深サノ三分ノ二ナリ而シテ力ノ多邊形ノ各點 l、s、r 等ヨリ垂直線ヲ作リ此水平壓力中心線ト會合セシムムベシ此交點ハ第一圖ニ於テ重圓形ヲ記シ之ヲ表ハス

第五圖ニ於テ水平線 l l′ ヲ作リ之ニ P+Q ト全縮尺ヲ以テ ch ヲ取リ相當スル兩點ヲ結連スレハ f f′、g g′、h h′、i i′、j j′ 及 l l′ ハ堰堤重量ト水壓力ノ合成力 R ヲ全縮尺ニ於テ顯ハシ且ツ其方向ヲ示スモノナル故ニ第一圖ニ於テ重圓ヲ以テ示ス交點ヨリ之ニ平行スル線ヲ引キ其各相當スル断面ヲ切ル所ノ點ハ求ムル所ノ合成壓力中心ヲ表ハスベシ其各點ハ太キ實線ヲ以テ接續セリ此線ノ堰堤三分ノ一以內ニ落ル原因ハ最初計算シタル三角形ノ頂上ニ A B C ナルモノヲ增加シタルカ故ナリト知ルベシ

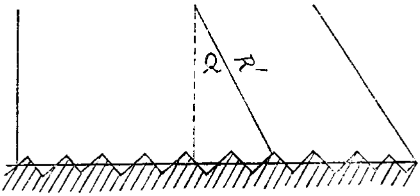
貯水池ノ空ナルトキ各断面ニ於ケル壓力ノ中心ヲ求ムルニハ力ノ多邊形ニ於テ示ス所ノ s、u、x、z、v ノ各點ヲ通過スル垂直線ヲ作ルベシ此線ノ各断面ヲ切ル所ノ點ハ其断面ニ於ケル壓力中心ナリ其各點ハ第一圖ニ於テ太キ點線ヲ以テ之ヲ接續セリ

貯水池満水シタル場合ニ於テ堰堤全部ニ於ケル最大壓力及最小壓力ハ以上求ムル所ノ合成力R′(第七圖)ヲ以テ左ノ公式ニ依リ計算スルコトヲ得ベシp'ヲ以テR′ノ方向ニ於ケル最大壓力トシbヲ以テ堰堤ノ底ノ巾ヲ示ルe'ヲ以テ堰堤ノ中心ヨリR′迄ノ距離トスレハ

$$R' = 320.8^{噸} \quad b = 79.8^{尺} \quad e' = 8.92^{尺}$$

ナルヲ以テ

$$p' = \frac{R'}{b}\left(1 + \frac{6e'}{b}\right) = 6.72 \text{ 毎平方尺噸}$$



即六噸七二ナリ然シテ最大壓力p'ハR′ノ方向ニ働クヲ以テ堰堤ノ基礎ノ之ニ抵抗スベキ面ハ上圖鋸歯線ノ如クニシテR′ニ直角ノ面ナルヲ以テ其長サハ$b\cos\alpha$(αハR′ト垂直線ト為ス角ナリ)ナリ

故ニ實際ニ於ケル烈度ハ次ノ如シ

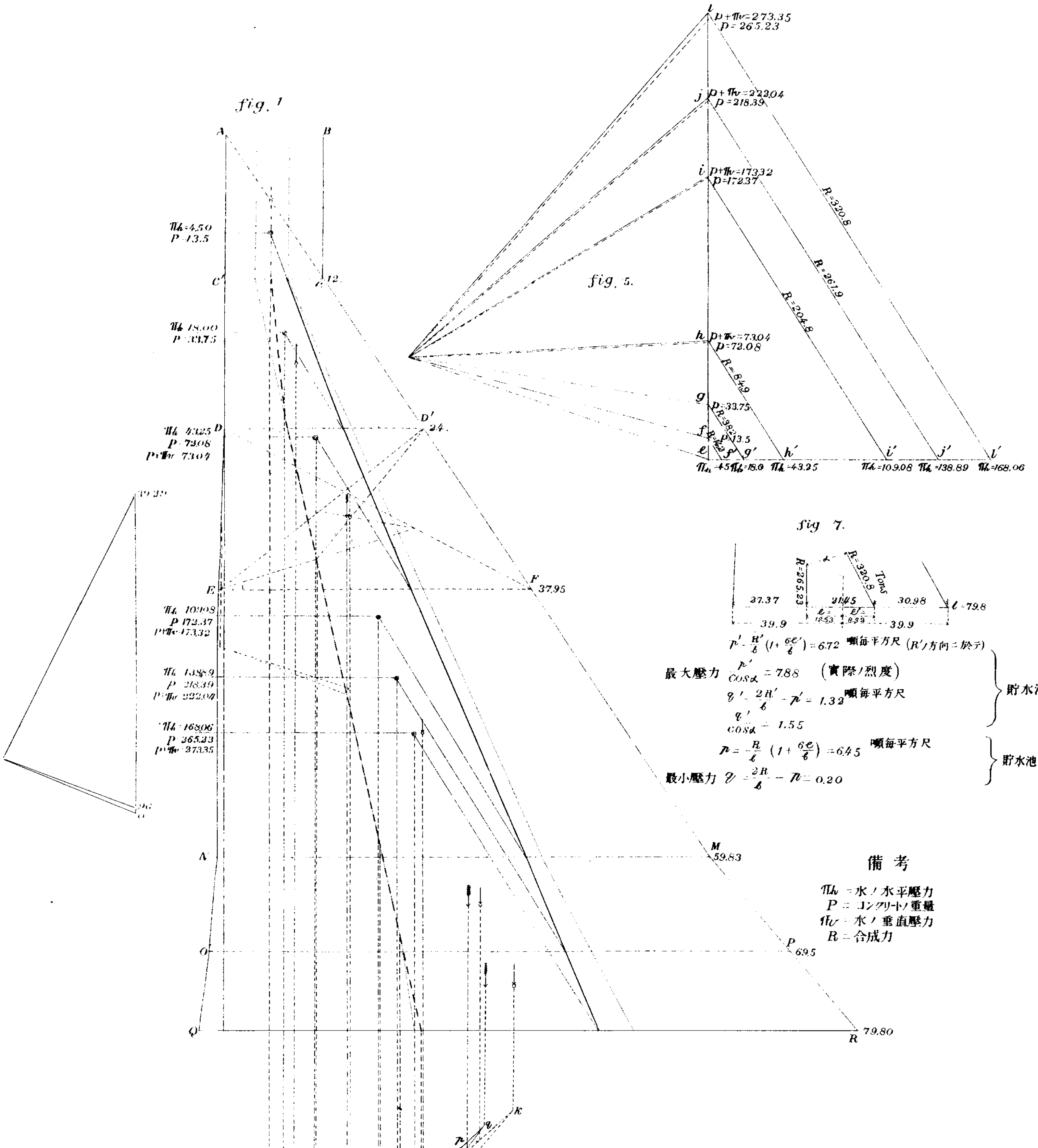
$$\frac{p'}{\cos\alpha} = 7.8^{噸}$$ (計算ニ於ケル假定ハ八噸ナレハ其差〇、二ハ圖算ニ於ケル誤差ナルベシ)

q'ヲ以テ其最小壓力ヲ表ハストキハ

$$q' = \frac{2R}{b} - p' = 1.32^{噸}$$

ニシテ實際ノ烈度ハ

$$\frac{q'}{\cos\alpha} = 1.55^{噸}$$ ナリ



$p'=\frac{R'}{l}\left(1+\frac{6e'}{l}\right)=6.72$ 噸每平方尺（R′ノ方向ニ於テ）

最大壓力 $\frac{p'}{\cos\alpha}=7.88$ （實際ノ烈度）

$q'=\frac{2R'}{l}-p'=1.32$ 噸每平方尺

$\frac{q'}{\cos\alpha}=1.55$

} 貯水池滿水ノ時

$p=\frac{R}{l}\left(1+\frac{6e}{l}\right)=6.45$ 噸每平方尺

最小壓力 $q=\frac{2R}{l}-p=0.20$

} 貯水池空虛ノ時

備考

Π_h ＝水ノ水平壓力
P ＝コンクリートノ重量
Π_v ＝水ノ垂直壓力
R ＝合成力

貯水池空虚ノ場合ニ於テモ亦前ト全ジク其最大及最小壓力ヲ求ムルヿヲ得ベシ

$$p=\frac{R}{b}\left(1+\frac{6l}{b}\right)=6.45\text{噸}$$

$$q=\frac{2R}{l}-p=0.20\text{噸}$$

以上計算ヨリ得タル形狀ヲ基本トシ少シク修飾ヲ爲シ實地ニ應用シ現今築造シツヽアリ其詳細ハ他日成功ノ日ヲ待チ報告スベシ

○抜萃

○インステチユシヨン、オフ、シビル、インジニアス新會長ウヰリアム、ヘンリー、プリース氏新任ノ演說

工學士　佐藤四郎譯

第一、緒論

諸君會長ノ撰擧ハ此土木工師會ニ最モ效績アルモノニ與フル最大名譽ナル報酬デアリマス私ハ不幸ニシテ身專門家タルヲ以テ此名譽アル位置ヲ荷フヿカ出來マイカト心配ヲシテ居リマシタ、然ルニ今日終ニ此最大名譽ヲ得ル事ニナリマシタ、私ハ誠ニ諸君ニ感謝シ併セテ將來諸君ノ信用ト屬望トニ背カザラン事ヲ誓ヒマス、私ハ此會ニ屬スルト全時ニ我帝室ノ官職ニアル事ヲ喜ビマス、私ハ四拾六年間工業ニ從事シマシテ其内廿八年ハ吾帝室ノ官職ニ居リマス、此公職ニアルモノハ私立事業ニ從事スルモノヨリハ大ニ熱心勤勉及ビ良心ノ決斷力ヲ要シマス政府事業ヲ猜ミ或ハ輕蔑スルモノハ多クアリマスモ一モ確タル事實上ノ攻擊ハア